本格的オーディオ・システム構築へ向けて

(21) 上下動防振機構を作る(2)

石塚 峻

実際に作ってみる

前号では平行移動できるいろいろなメカニズムについて考察しましたが，なかでももっとも可能性のありそうなのが**第1図**のメカニズムでした．頭の中で想定問答をやってあれこれ心配するくらいなら，現物を作ってみるに限ります．

取りあえず，実際にものを作ってみました．15tのシナ・ランバーコア材が残っていたので，幅20ミリの細長い短冊にし，少し長めの，こちらは可動バーと固定バーを作り，リンクに用いるための短い短冊も用意しました．

穴を開けるのに精度は不要，などとは決して申しません．だいいち手持ちの電動ドリル，ましてやハンド・ドリルでは垂直の穴開けすら困難です．最低限，ボール盤が必要です．さらに位置決めのために万力でくわえたうえ，治具を作って正確な位置に万力を固定できるようにします．

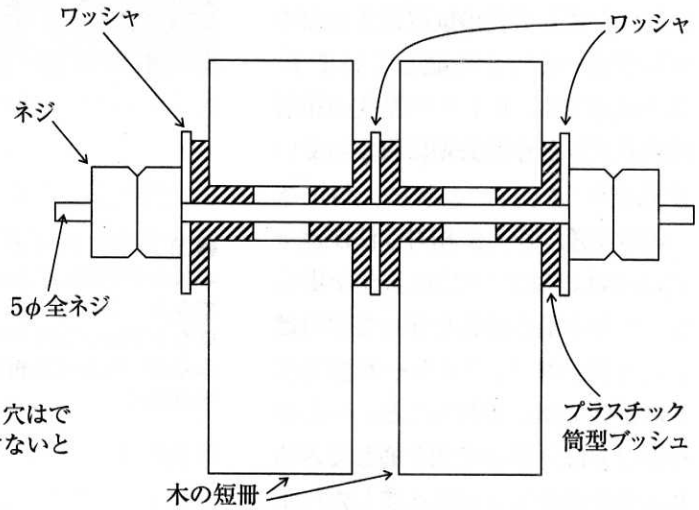
また，ドリル・チャックでは，キリがブレて穴の位置がずれてしまいます．相手が木ですから，軸ブレはそのまま穴を拡大させ，形までゆがませてしまいます．キリは鉄鋼用を使い，3000rpmくらいのやや高速で回転させるものとして，コレット・チャックで正確にくわえることにしました．

6ミリちょうどのキリがなかったため，新たに買ってきたのですが，1980年代のものより数段よくなっていて，当時やっと手に入れてその切れ味に驚かされた英国製とよい勝負になっています．

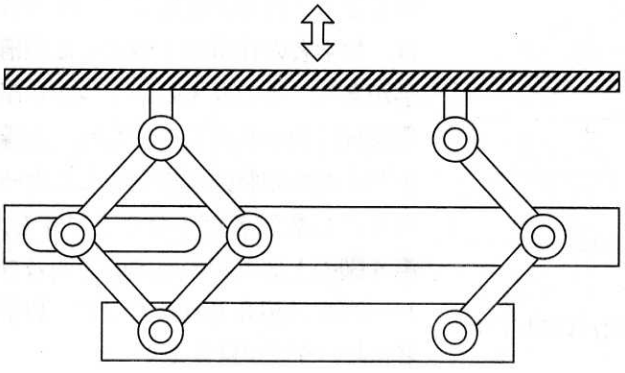
ドリルのくせにほぼ真円に穴が開きました．回転数を適正にすると，鉄工用キリのほうが木工用よりバリが少ない丸い穴が開けられます．

可動バーや固定バー同士を重ね合わせて穴の位置にズレがないかどうかを確かめます．なにせここが1ミリでも狂ったら，機構そのものが動かなくなってしまいます．かならず突き合わせて，部材間の相対寸法が合っていることを確認してから組み立てるのが正しいやりかたですが，生まれつき目の悪い私にはたいへん面倒な作業になりました．

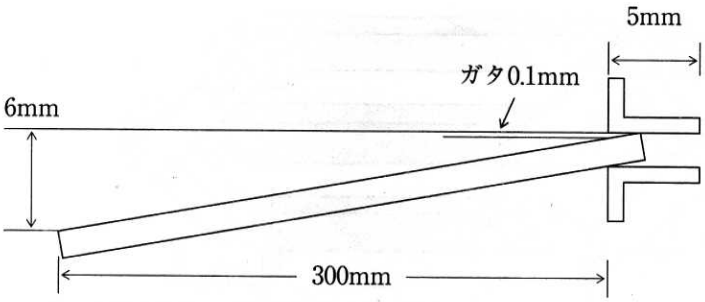
もしバイスをベースに固定でき，コレット・チャックでくわえられるのであれば，エンドミルをドリル代わりに使った方が，ストレート・リーマ並みに真円度を高くできるようです．孔の位置のケガキは，目測でポンチを打って目見当でドリルを降



〈第2図〉
軸受け機構の構造．穴はできるだけ正確にあけないとガタが出る



〈第1図〉
前号第20図と同じ．リンクを2つとスライドを加えて左右動を殺した上下動のメカニム



〈第4図〉
片持ち軸受で立体機構を作るとガタが拡大する

私も若かった当時，発明少年を気取って思いつきを楽しんでいましたが，九分九厘がどなたかの先例があり，残る1厘にしても，前例の組み合わせにしか過ぎませんでした．永久機関という原理的に動作しない機構からヒントを得たことさえあります．永久には動かないものの何らかの仕事をさせるメカニズムとして使うことはできたのですが，前近代人や古代人よりも現代人の頭脳が上回っているわけではないことはよくわかったつもりです．

片持ちはガタを拡大する

さて，3連ヒンジを直交させ念のため両持ちにしておくというサーラット機構の引用は，ある荷重を境にしてヒンジそのものが変形しないという条件を満たすことができず，残念ながら実用にはなりませんでした．ヒンジをできる限り小さくすると，ガタが多発し，そのガタが予定していない動きを機構に与えてしまいます．実際そうなりました．

それならばと，今回のように特大のヒンジを工夫すると，見事にガタは感じられませんでした．その代わりヒンジそのものの変形，それも想定した曲がりの変形ではなく，捻れ変形が，寸法が大きくなるにつれて主流になりました．変形の種類によって応力との間で閾値が存在するのでしょう．

こうした場合，ヒンジを強化するのは資源投入の割には得るものが少ないのが通例ですから，デッドロックに突き当たったと覚悟して，他の仕組みに目を向けるのが賢いやりかたです．

直線運動機構とは“点”を直線移動させるもの，と以前に申し上げました．リンクの組み合わせですから，直線移動する“点”は連続的に回転しています．ワットなどの近似直線でも同じことで，回転軸受けが直線移動している，と考えればよいはずです．

例外的に，ドイツ系には線分（＝棒）を線分方向に移動させる機構があります．ケンプという人がいくつかの機構を発明していますが，これならば移動するのは線分ですから，回転もしません．ただ，ポーセリエ機構と同程度に複雑なのに，移動する距離は比較にならないほど小さいのです．そして，すべてが2次元のモデルです．

今回組み合わせてできた機構にしても，本来2次元の機構であり，3次元に拡張させるわけですから，リンク機構にかならずあるガタ――これがまったくなければ，メカニズムは端から動きません――が3次元に展開すると，命取りになりかねないことは，ある意味で当然の成り行きといえます．

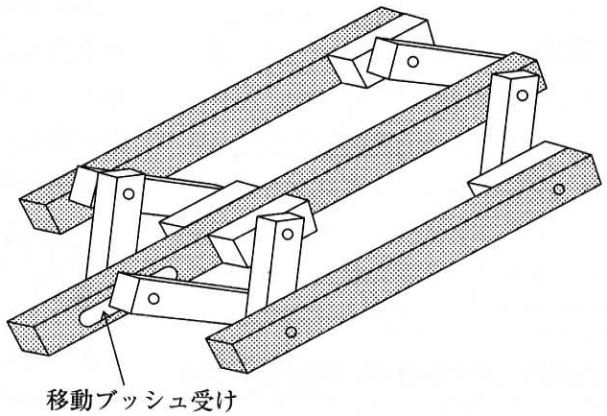
まず最も恐れなければならない留意点は，絶対に“片持ち”機構にしてはいけないことです（**第5図**）．ブッシュに長い全ネジを挿入する回転軸のガタが0.1mmを下回っていても，延長して，たとえば300mmとすると，5mmのブッシュ長に対してこのガタは60倍の6mmになるわけで，これでは運動の自由度が新たに追加されてしまいます．かならず両端を回転軸とする“両持ち”にしなければなりません．

この段階で図に書かれた機構を実際に機械の要素として取り入れた技術者（こちらは学者ではない）たち先人の工夫を学んでおかねばならないのです．

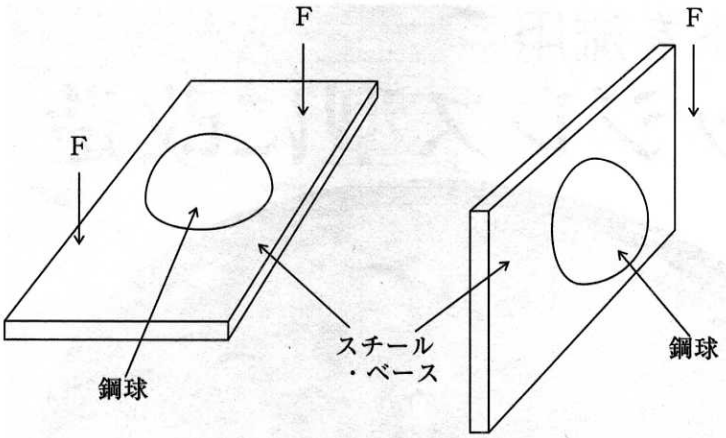
今回の機構の肝いりとなるスコット＝ラッセル機構の軸受けが前後に滑る部分をまず中央に置いて1本ですませようと，まず考えたのが**第6図**でした．

滑り機構はなるべく少なくしたいと願っていたからです．それに加えて，動きの滑らかさも重要ですが，上下の可動範囲を少しでも広げたくもあったからです．このあたりが，私の至らぬところではあります．

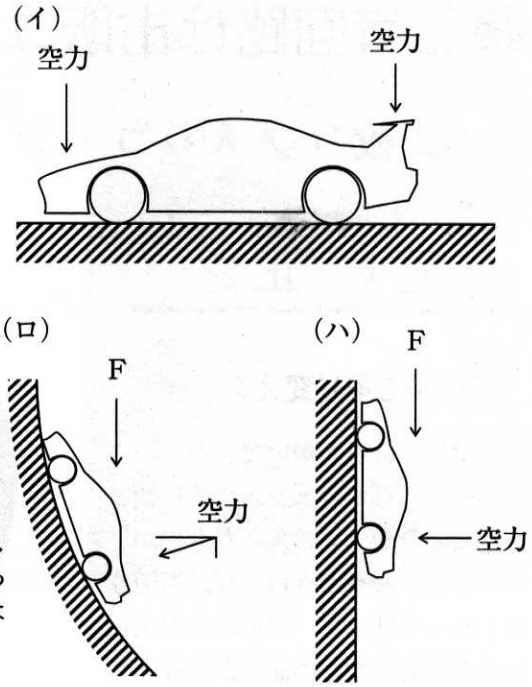
すると，心配していた以上に組み立てが面倒になり，ちょっとした締め具合で動作がすぐ渋くなってしま



〈第5図〉
ブッシュが移動できるバーを中央に，リンクを両側に配置すると上下動の範囲は広くできるが，固定ナットのしめ具合で動作が鈍くなることがある



〈第8図〉ベースを立ててもFの方向は変らないから，X-ZX-Yの共用はできない



〈第9図〉▶
空力パーツをつければ地面に押しつけられる力は増すが，垂直の壁では自重を支えきれない

現在出来上がっている水平防振台はX-Yの2方向を一まとめにしています．ならば，**第7図**のように，上下とXあるいはY方向をとりまとめる，これだったら前後にのみ動くガイド・レールと鋼球，あるいはコロ——これも1方向のみの直線運動しかしません——にすれば，機構は大幅に簡単になるのではないかと，何人かのかたに訊ねられています．私もそう思っていました．しかし，これは実現しません．図面の上ではたいへんエレガントに書くことができますが，実機にはなりません．

理由を考えてみましょう．

重力加速度は上（人間が感じてる）から下（同様）へ一方的に存在します．9.8ニュートン，単位系を変えれば980ダインです．地震の加速度は，いつからかは知りませんが，“ガル”表示です——ガルはダインとほとんど同じであろうと思っています——が，重力と等しい加速度の地震というのは阪神淡路大震災どころの騒ぎではないのです．つまり，われわれは日常，大地震なみの加速度で地表に押しつけられているのです．

水平動を支える鋼球もスチール・ベースも，ほとんど変動するわけではない重力を一方的に受けているだけです．ところが，上下動させるメカニズムは重力加速度に逆らったうえでの動作が要求されるのです．つまり，左右動と上下動は，応力の方向だけではなく，重力を跳ね返しているか否かという仕事の質の違いでもあったというべきです(**第8図**)．

となれば，質的に違った仕事を1つの機構でまかなえるはずがない，と常識的に結論づけることができ，面倒なようですが，上下動の機構は独立させ，水平動は前後左右だけできればクロス・テーブルを交互にしなくても共用できる，というありきたりの結論になります．

技術には，やればできることと原理的にできないことがあります．やればできることならば少しばかり工夫して何としても作るべきでしょう．しかし原理的にできないことをあれこれ試すのは，少しみっともないことです．

そんな例がマンガ映画ありました．超高速自動車が出てきて，トンネルの中を疾走するだけでなく，壁をにじり上がっていき，とうとう逆さになり，天井に張り付いて走るシーンが何度かありました．

笑えるのはこれからです．東大を出た作家先生がテレビ画面に登場し，高性能車ほど空力で自重より大きな力で車体を地面に押しつけているものだ，と解説．天井に張り付いて走行することも原理的にできるとの説明です．さらに，ラジコン・カーを使って実際に撮影するという展開になったのですが，壁をよじ登っていって，真横になった途端ペシャッと落下，先生はむきになって「空力が足りないからだ」といいだしたものです．冗談でしょう．

重力が壁から車体を引き離しているのではないのです．空力は確かに壁に向かっていますし，それなりにタイヤとの摩擦に耐えても，車体の自重を支えるなんてことは土台無理です(**第9図**)．先生が本気だったように思えるだけに，並みのお笑い番よりも笑えました．

人を笑ってばかりもいられません．日常の身の回りに当たり前に存在しているものが，いかに強大なポテンシャルを持っているものか，を考えない癖はマズイと思います．空気の重さを考えないスピーカの設計と同様に，重力のレベルを考えない防振台も考えられません．私も少し反省しているのです．